Elektronica en Telecommunicatie 4

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

Coaxiale kabels en systemen in de Benelux[1])

621.395.44:621.315.212

I. Inleiding

door prof. dr. ir. G. H. Bast, Directeur-generaal PTT - 's-Gravenhage

Moet ik het zien als een merkwaardig spel van het lot, dat ter inleiding van deze dag, gewijd aan coaxiale kabels, u iemand hebt gekozen, die betiteld zou kunnen worden als: een verstokt aanhanger van het symmetrische circuit? Of getuigt uw uitnodigingsbrief van zeer zorgvuldig gekozen bewoordingen, wanneer die er op duiden dat ik in het verleden in CCITT-verband toch wel bemoeiingen heb gehad met coaxiale kabels, van een subtiel ontwijken van uitdrukkingen van deze soort?

Ik heb uw uitnodiging ondanks deze vragen echter gaarne aanvaard, omdat zij mij de gelegenheid geeft uit de historie nog enig licht te werpen op de gang van de ontwikkeling en enige aanduiding te geven van bepaalde voorkeuren in een bepaald tijdsbestek, punten die in de voordrachten stellig uitgebreider aan de orde zullen komen.

Welnu dan, vanaf de dagen, dat de telefonie was begonnen voor het overbruggen van enige afstand gebruik te maken van een bovengrondse draad en de aarde als teruggeleider, moest zij ervaren, dat zodra ze langs eenzelfde route meer dan één circuit nodig had, het verschijnsel van overloop ging optreden door de sterke elektrische en magnetische koppeling tussen de verschillende circuits. Dit verschijnsel dwong tot aanzienlijk hogere uitgaven: voor elk gesprek bleken twee draden nodig en zelfs dan moesten er belangrijke voorzorgen worden genomen om het overspreken binnen de grenzen te houden: zorg voor symmetrie t.o.v. de aarde en vernuftige ontkoppelingsschema's, waarin hetzij twee circuits principieel ontkoppeld waren, hetzij twee of meer circuits door tekenwisselingen van de koppeling op passende delen van het traject effectief nagenoeg koppelingsvrij konden worden gemaakt, of wel combinaties van beide.

Het is niet bij die ene ervaring, dat de techniek niet moest trachten vast te houden aan de enkeldraad maar het offer van de dubbeldraad moest aanvaarden, gebleven, ondanks het feit dat deze stap uit economische overwegingen een grove teruggang op de verwachting inhield; ik kom daarop straks terug.

Men kan zeggen, dat – door de omstandigheden gedwongen – in de loop der jaren de bestrijding van de restkoppelingen in steeds verfijnde mate is geleerd en dat, telkens wanneer nieuwe ontwikkelingen hogere eisen stelden, ook deze kunst een duw naar boven heeft gekregen en dat er veel is bereikt, ondanks het feit, dat het soms economisch hopeloos scheen. Toen de komst van versterkers de eisen sterk ging verhogen, bleek het nodig opnieuw een groot economisch offer te brengen, nl. een aparte dubbeldraad voor heen- en terugweg, eerst weliswaar slechts uit het oogpunt van de stabiliteit bij enkele zeer lange versterkte verbindingen. Een aantal jaren later begreep men de verlichting, die dit principe in de overspreekmoeilijkheden kon brengen, eerst ten volle. Ook dit is een geval geweest, waarbij een stap, die aanvankelijk uit economische overwegingen dwaas leek, het op den duur heeft gewonnen. Is, zoals wij er thans tegen aan kijken een dergelijke stap lang geleden gedaan, dan vinden we dat heel gewoon. In de fase echter, waarin de discussie over pro of contra in volle gang is, is het voor de ingenieur, die toch naar een economische oplossing streeft, bijzonder moeilijk de economische betekenis van het technisch perspectief af te wegen tegen een tastbaar direct economisch nadeel.

Het eerste deel van dit verhaal ging, dat zult u begrepen hebben, nog volledig over de telefonie, gebruik makend van de originele akoestische frequentieband, later echter kregen deze inzichten nog sterker betekenis bij het meervoudige gebruik van de geleidingen op de door draaggolfmethoden naar hogere delen van het frequentie-spectrum verplaatste kanalen.

Reeds lang vóór de laatstgenoemde methoden ingang vonden waren de eigenschappen van coaxiale kabels – in oude tijden gebruikt voor telegrafie en later ook voor telefonie-zeekabels – onderzocht. Vooruitziende lieden zagen bij de komst van uitgebreide draaggolftoepassingen het voortdurend moeilijker worden van de klassieke ontkoppelingsmethoden als iets, dat op den duur onvoldoende uitzicht bood. Zij grepen terug op de reeds lang bekende coaxiale constructie, die, hoewel volkomen onsymmetrisch door de afscherming van de buitengeleider, principieel afdoende kansen bood om van de onderlinge koppeling af te komen. Zij zagen in, dat het weliswaar zeer moeilijk en kostbaar zou zijn geweest om bij de audiofrequenties langs deze weg voldoende ontkoppeling te bereiken, maar dat dit met toenemende frequentie steeds gemakkelijker werd. Het kost dan in zo'n geval nog al wat moeite om het economische duiveltje zover terug te dringen, dat men royaal een aantal mogelijkheden aan de onderrand van de frequentieband laat vallen als het geheel er beter bruikbaar door wordt, maar

[1]) Voordrachten gehouden voor de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. op 1 maart 1967 te 's-Gravenhage.

eenmaal dit overwonnen, lag de weg open tot een zeer vruchtbare ontwikkeling, die zich naar het gebruik van steeds hogere frequenties en grotere kanaaltallen kon voortzetten, een ontwikkeling die nog steeds niet het einde heeft gevonden.

Ik kom dan terug op mijn aanhef met de vraag: Hoe kon men na dit inzicht zo dom zijn nog jarenlang door te gaan met de eerste schijnbaar uitzichtloze techniek, terwijl een meerbelovende bekend was? Het antwoord komt uit de hoek van de aard van het net, dat men in een bepaald tijdsbestek nodig heeft, het hangt samen met de gemiddelde lengte van de verbindingen, de grootte van de mazen in het net, de grootte van de bundels; het zou mij te ver voeren hier in deze inleiding dieper op in te gaan. Dit komt straks wel uitvoeriger in beschouwing. Ook speelt een rol, dat men gaarne een eenmaal deels tot stand gekomen net in dezelfde techniek voltooit en men is daarbij sterk gesteund, doordat ook in de symmetrische techniek het een aantal malen mogelijk bleek naar hogere frequenties te stappen, de banden te verbreden en méér kanalen per ader te transporteren. Het schijnt dat de mogelijkheden hier nu min of meer uitgeput raken, al heb ik wel geleerd met dergelijke uitspraken voorzichtig te zijn, in elk geval zou men dunkt mij wel mogen zeggen, dat de toekomst voor de symmetrische geleiders minder gunstig is dan bij de coaxiale geleiders.

De vraag of wij ons bij de ontwikkeling van het net niet te veel door de economische zijde hebben laten beïnvloeden, zal door de tijd beantwoord moeten worden; ik durf er geen uitspraak over te doen.

Ik wil wel de onjuiste gedachte wegnemen als zou, bij de verdere ontwikkeling – en koestering als u wilt – van het symmetrische circuit in Nederland, niet bij herhaling en in volle ernst aan het coaxiale circuit zijn gedacht. Reeds uit omstreeks 1930 herinner ik mij pogingen om coaxiale circuits, die bestaan in normale kabels bijv. de ziel tegen de mantel of delen van de ziel tegenover de mantel als zodanig te benutten. Vroegtijdige ervaringen met coaxiale zeekabels, waarvan er een op de route Asd-Hlm 'te land gekropen is', en de met regelmatige tussenpozen herhaalde studies van alternatieve coaxiale projecten, bewijzen het tegendeel. De laatste hebben thans een stand bereikt waarover u van de andere inleiders van vandaag nader zult horen.

Hoewel het zeker is, dat het coaxiale circuit binnen een gegeven beperkte doorsnede in vergelijking met het symmetrische circuit de beste transmissiemogelijkheid voor hoge frequenties kan bieden, – ik zie hierbij even af van golfgeleiders – sluit dit niet uit, dat ook het symmetrische circuit in staat is om hoge frequenties te transporteren. Ik noem dit nog eens, opdat men dit voor speciale gevallen niet vergete.

Mag ik besluiten met een stukje filosofie in het transmissievak opgedaan, dat ik gaarne aan jongere beoefenaren van dit vak nog eens wil voorhouden. Het is en blijft een boeiend vak, waarin bij voortduring vooruitgang kan worden verkregen. De brede economische aspecten moeten de basis blijven uitmaken van hetgeen men er in nastreeft. Wat ik straks het economische duiveltje noemde, is dat van de beperkt-zicht-economie, die vaak tot remmende discussies aanleiding geeft over punten, die achteraf weinig belangrijk plegen te zijn. Dit soort problematiek treedt in alle technieken op en speelt bij alle overwegingen van nieuwe stappen een rol. Wij onderkennen het gemakkelijk bij beslissingen die in het verleden zijn genomen, maar ieder die aan nieuwe vraagstukken werkt heeft er mee te maken en het is zaak zich daarvan bewust te zijn. Men weet natuurlijk nooit precies van tevoren wat echt en wat van het duiveltje is, maar weest op uw hoede en tracht zo spoedig mogelijk te onderkennen waar echt economisch perspectief in zit en wat tot de op den duur economisch onbelangrijke punten gerekend moet worden. Anders gezegd, laat niet te snel een kostenbecijfering beslissen als daarin het perspectief niet voldoende tot zijn recht komt.

Wij beleven thans een periode, waarin wederom voor een verdere toekomst grote transmissie-vraagstukken aan de orde zijn zoals de keuze tussen analoge en digitale technieken, die samenlopen met revolutionaire ontwikkelingen in de technologie zoals de microminiaturisatie. Ik zal mij niet wagen aan uitspraken op dit terrein, maar het is zeker dat er thans grote uitdagingen voor de werkers op dit gebied aan de orde zijn.

De verschillende inleiders zullen u op het terrein der coaxiale kabels voorlichting geven, waarbij zowel de aspecten van het internationale werk als meer specifiek in een aantal landen verrichte studies in behandeling zullen komen, alsook beschouwingen in het verleden en inzichten in de toekomst.

II. Overzicht van de studies van de CCITT-werkgroep voor transmissie op coaxiale kabels

621.395.44:621.315.212

door ir. H. J. Claeys, Adjunct Administrateur Generaal van de Regie van Telegraaf en Telefoon - Brussel

Summary: *The studies made in the working group of the coaxial cable systems of the CCITT.*
The author who had the leadership of the party on coaxial systems, explains the slow but steady work of the setting up of transmission systems on the existing coaxial cable 2,6/9,5 mm and the birth of the new small coaxial 1,2/4,4 mm cable in the CCITT working group.
The capacity of those systems have been extended respectively to 60 and 12 MHz or expressed in telephone channels 10 800 and 2700 in one coaxial pair.

Gewoonlijk richt een ingenieur zijn blikken naar de toekomst en heeft hij maar weinig zin om het verleden te onderzoeken en uit te pluizen. Het verzoek om samen opnieuw de lange en soms moeilijke weg af te leggen die de leden van de werkgroep voor coaxiale kabels gekend hebben komt mij nochtans gerechtvaardigd voor, want op die wijze ziet men beter tot welk resultaat men heeft kunnen komen na meer dan tien jaar samenwerking.

Alvorens tot de geschiedenis van hetgeen gebeurde in de werkgroep over te gaan en om de zaken duidelijk te stellen, moet ter inlichting van de toehoorders die minder op de hoogte zijn van de transmissietechniek op bredebandsysteem, op voorhand gezegd worden dat aan de telefoonkanalen een bandbreedte van 4 kHz toegeschreven wordt, dat men volgens de bestaande techniek in verreweg de meeste gevallen tegenwoordig de

amplitudemodulatie gebruikt met enkele zijband en dat men de draaggolf niet doorstuurt. Dit wordt bereikt door het gebruik van bandfilters en symmetrieke modulatoren.

Daar het om technische en economische redenen niet mogelijk is de telefoonkanalen in een modulatietrap op de aangewezen plaats te brengen in de lijn, gebruikt men gegroepeerde modulaties, d.w.z. dat men begint met alle telefoonkanalen per groep van 12 in de frequentieband 12-60 kHz, of 60-108 kHz onder te brengen. Aan die groepering van 12 kanalen wordt de naam primaire groep gegeven.

Verder werden die primaire groepen, waarvan de frequentieband 12 × 4 of 48 kHz bedraagt, in eens gemoduleerd om op de lijn geplaatst te worden of om, zoals later zal blijken, verdere groeperingen te ondergaan. Zo schept men secondaire, tertiaire en quaternaire groepen die bij elke modulatietrap meer kanalen bevatten en dus een bredere band hebben, die de demodulatie in het filtreren mogelijk maakt en een economisch gebruik van draaggolven en filters met zich brengt.

In december 1956, op de eerste vergadering van de CCITT, hebben verschillende afgevaardigden de urgentie onderstreept de studie aan te vatten van de uitbreiding van de capaciteit van de systemen werkende op de coaxiale kabels 2,6/9,5.

Tot dan was de gebruikte bandbreedte beperkt tot 4 MHz en werden er 15 of 16 secondaire groepen van 60 kanalen ieder, d.w.z. 900 of 960 telefoonkanalen opgesteld. Door het feit dat dit vraagstuk in verschillende landen zoals in Zweden, Duitsland, Engeland en Frankrijk, reeds op de werf was geplaatst en gedeeltelijke oplossingen kende werd door de voorzitter van de toenmalige Eerste Commissie, professor Bast, de diep vereerde Directeur-generaal van de Nederlandse PTT, met grote wijsheid aanstonds beslist een werkgroep op te stellen om voor het dringendste een voorlopige oplossing te vinden, d.w.z. voor de verdeling van de frequenties op de lijn.

Daar de meningen op dit speciale punt reeds uiteenliepen werd voor een voorzitter gezorgd die er zo onpartijdig mogelijk uitzag. Alleen afgevaardigden van kleine landen kwamen in aanmerking en o.a. die van Zwitserland, Nederland en België werden gepolst en om verschillende redenen, speciaal wegens onpartijdigheid en taalkennis, viel het lot op mij. Daar nam de werkgroep haar oorsprong.

Waarom liepen de gedachten uit elkaar? Iedereen was het er immers over eens, dat het verdubbelen van het aantal versterkers tot een theoretische bandbreedte van vier maal de bestaande zou leiden, hetgeen ons van 4 MHz op 16 MHz zou brengen.

Voorzichtigheidshalve en namelijk om het aantal octaven die te versterken zijn te beperken, was iedereen akkoord om het systeem op 12 MHz te begrenzen. Maar sommige afgevaardigden wensten dat er een vrije frequentieband van tenminste 300 KHz zou open gelaten worden tussen twee blokken van ieder drie tertiaire groepen, alsook tussen de laatste secondaire groep (nr. 16) van het bestaande systeem en de eerste tertiaire groep boven de 4 MHz, dit om het 'uitfiltreren in lijn' toe te laten. Sommige constructeurs beweerden dat het technisch niet mogelijk was de versterker hoger dan juist 12 MHz te doen werken en dat het best gebruik diende te worden gemaakt van de beschikbare frequentieband door die op te proppen met het grootste aantal kanalen.

Gedurende 8 uur met 4 of 5 onderbrekingen voor interne beraadslagingen, onderling en met de firma's, is men toch eenparig overeengekomen dat die opening in de band zeer nuttig was en het concrete voorstel van de Nederlandse PTT van de frequentie-'gap' werd met algemene stemmen aanvaard. Ik mag nu eerlijk bekennen dat ikzelf partijganger was van die oplossing die toch wat soepelheid in het gebruik van die systemen met zich meebracht. Ook heb ik alles gedaan om de afgevaardigden aan te wakkeren die oplossing te aanvaarden.

Door het gelukkig slagen van die eerste opdracht werd mij gevraagd de studie van het 12 MHz-systeem verder voort te zetten en zo kwam in december 1956 in Genève de werkgroep officieel tot stand voor de normalisatie van systemen met grote capaciteit op de bestaande coaxiale kabels 2,6/9,5. In verschillende vergaderingen in Den Haag, München en Genève is de kwestie verder op punt gesteld geweest. De geest waarin steeds gewerkt is kan ik op de volgende wijze samenvatten.

Alle karakteristieken van de kabel en de systemen moeten niet vastgelegd worden zolang zij de internationale verbindingen in lijn toelaten, dit om de meeste vrijheid te laten aan de beheren en zo de beste technische maar ook economische uitvoering te bekomen. Men moet nochtans bemerken dat het steeds moeilijk is het juiste ogenblik te vinden om normalisaties vast te leggen. Zo dikwijls is men in de CCI te laat gekomen, omdat verschillende oplossingen reeds bestonden en men niet anders meer kon doen dan die te boeken. Zo krijgen wij dan een cataloog in plaats van normalisatiewerk; te vroeg gaat natuurlijk ook niet want dan is de grond te onzeker om zelf tot voorlopige vastzettingen te komen. Ook moet men altijd rekening houden met de bestaande toestand om de veranderingen in te werken.

Om terug te komen op het 12 MHz-systeem met buizen, wat ons tegenwoordig als reeds verouderd voorkomt, heeft de werkgroep eerst de kwaliteit van de bestaande kabel onderzocht om na te gaan of die wel tot 12 MHz kon worden gebruikt.

Wat speciaal van belang was is de waarde van de gemiddelde impedantie alsook zijn regelmatigheid. Die punten werden speciaal onderzocht voor versterkersecties en men kwam tot de gevolgtrekking dat aan moderne coaxiale kabels gemakkelijk de eis gesteld kan worden dat boven 1 MHz voor de impedantie Z moet gelden:

$$Z = 74{,}4 + \frac{0{,}95}{\sqrt{f}}(1 - \mathrm{j})\,\Omega,$$

waarin f uitgedrukt is in MHz. De opgelegde regelmatigheid mag verder voor telefoon schommelen tot $\pm$ 3% ten overstaan van de regelmatige impedantiekromme versus frequentie.

De verzwakking moet voor 1 MHz kleiner zijn dan 0,47 Np/km. Het ver overspreken tussen twee paren moet voor de frequentie 60 kHz en voor een sectie van 4,5 km tenminste 10,5 Np bedragen. Die waarde verbetert met het stijgen van de frequentie. Voor wat het nabij overspreken betreft ligt die normaal hoger dan het ver overspreken en was dus niet te specificeren.

De impedantieregelmatigheid wordt meestal door echo's op de sinus quadraatpulsen gemeten. De breedte van die impulsen mag niet groter zijn dan 0,2 μs. Na de correcties moet de echoverzwakking groter zijn dan 5,5 Np.

Dit waren de belangrijkste nieuwe bepalingen voor de coaxiale kabel, waaraan de meeste bestaande kabels voldeden. Bij het bepalen van het 12 MHz-systeem stonden wij voor moeilijkheden door het feit dat al de coaxiale kabels van 4 MHz met 15 secondaire groepen waren uitgerust.

Boven de 4 MHz heeft de werkgroep de frequentieverdeling met twee maal drie tertiaire groepen aanvaard. Om meer eenvormigheid te bekomen in de band hebben we als variant beneden de 4 MHz ook 3 tertiaire groepen bepaald met als gevolg dat de beschikbare band van 12 MHz met 9 tertiaire

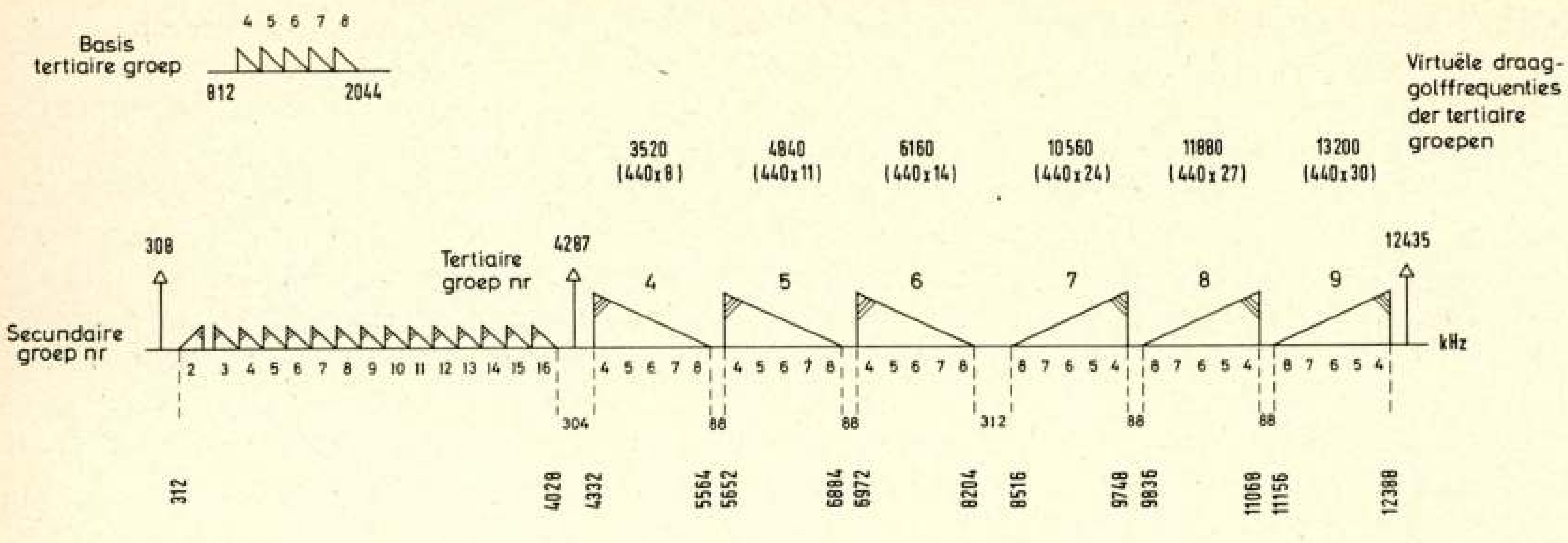


Fig. 1. Aanbevolen frequentieligging in lijn voor een 12 MHz-systeem op coaxiale paren (1e methode).

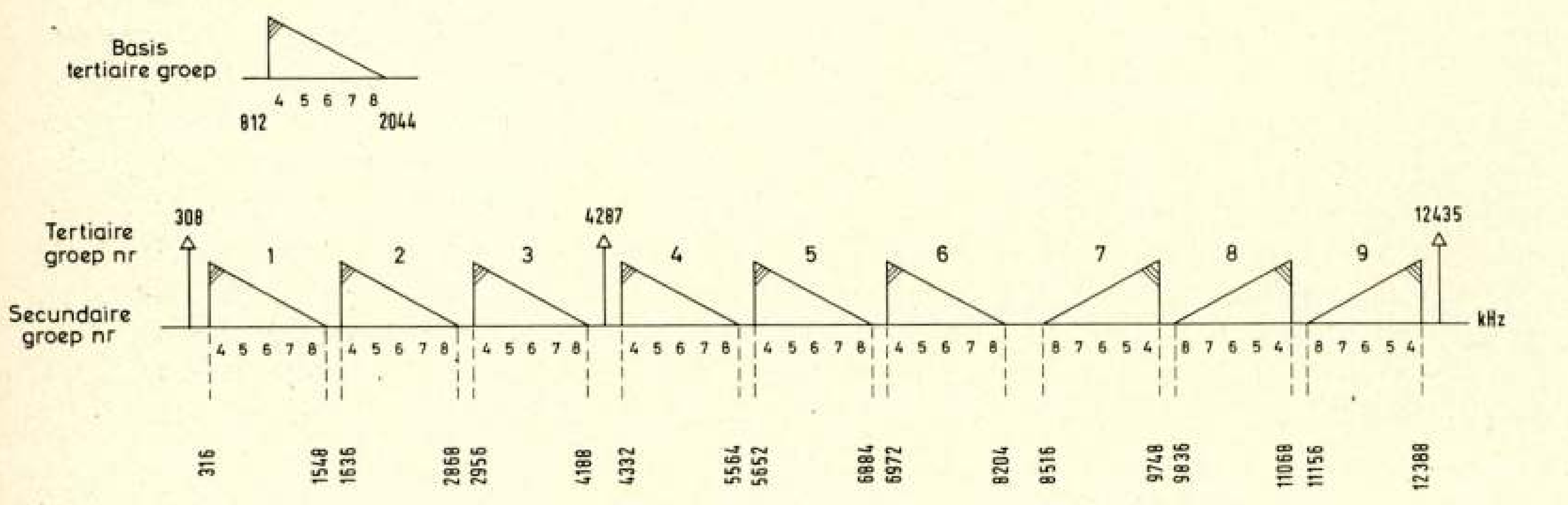


Fig. 2. Toegelaten frequentieligging in lijn, als variante op de 1e methode.

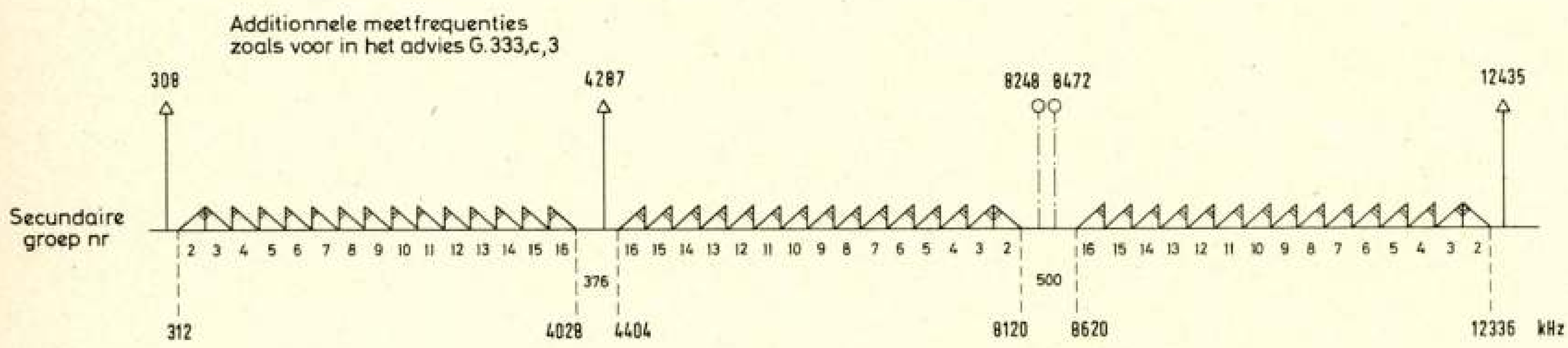


Fig. 3. Verdeling der frequentieligging in lijn voor een 12 MHz-systeem als variante.

groepen, d.w.z. 2700 telefoonkabels van 4 kHz kon worden uitgerust (fig. 1 en 2).

In mijn gedachte was die opstelling de beste voor nieuwe uitrustingen. Sommige beheren waren van mening, ook om modulatieredenen, een blok van 3 tertiaire groepen, quaternaire groep te noemen, hetgeen voor latere uitbreidingen wel van pas zou komen. Ongelukkig is die mooie harmonie verbroken geweest door sommige beheren die verzaakt hebben aan het gebruik van de tertiaire groep en in plaats van de quaternaire groep 15 secondaire groepen als variant hebben aanvaard, met dit correctief dat de voorkeur moet worden gegeven aan een opstelling met tertiaire groepen indien een van de betrokken landen het zou eisen (fig. 3).

Naar mijn gedachte ontbreekt voor die landen een schakel in de harmonische groei van de coaxiale systemen. We hebben immers de primaire groep met 12 kanalen, de secondaire groep met 5 primaire groepen of 60 kanalen, de tertiaire groep met 5 secondaire groepen of 300 kanalen en ten laatste de quaternaire groep bestaande uit 3 tertiaire groepen of 900 kanalen. Daarnevens werden de frequenties van de lijnregelpiloten en de meetpiloten bepaald met hun waarde en hun niveaus. Het fictieve referentiecircuit werd samengesteld alsook de ruisvoorwaarden bepaald. De impedantie-aanpassingen van de lijn op de versterkers, alsook de niveaus en andere bijhorige voorwaarden die te lang zijn om hier te beschrijven, zijn te vinden in de boeken van de CCI.

Natuurlijkerwijze heeft het opkomen van de transistoren aanleiding gegeven tot een verdere studie der 12 MHz-systemen en die werd op de algemene vergadering van mei 1964 aan de orde gesteld. Vele eisen zijn onaangetast gebleven door de transistorisatie en er werd niets gewijzigd voor de verdeling in lijn der kanalen, voor de modulatiemethoden, voor de piloten en voor het fictieve referentiecircuit.

Met de verbinding in een grensstation heeft men altijd enige last, toch is men overeengekomen de waarde van – 1,5 Np op 12 435 kHz aan de uitgang van de grensversterker te normaliseren. De preaccentuatiecurve heeft men niet kunnen normaliseren, maar door verschillende maatregelen is die toch bij onderlinge overeenkomst goed te maken. Er dient hier reeds bemerkt dat in de studie van het 12 MHz-systeem is getracht dezelfde versterkers te gebruiken voor de dunne coaxiale kabels als voor de dikke.

In mei 1964 is aan de groep ook gevraagd of men niet meer dan 2700 kanalen kon onderbrengen op de dikke coaxiale kabel en ook of men geen nieuwe kabel moest uitvinden om economisch het grootste aantal kanalen onder te brengen.

In die studie kwam men tot twee belangrijke bevindingen:

1. De kabel 2,6/9,5 is in staat economisch te werken tot 60

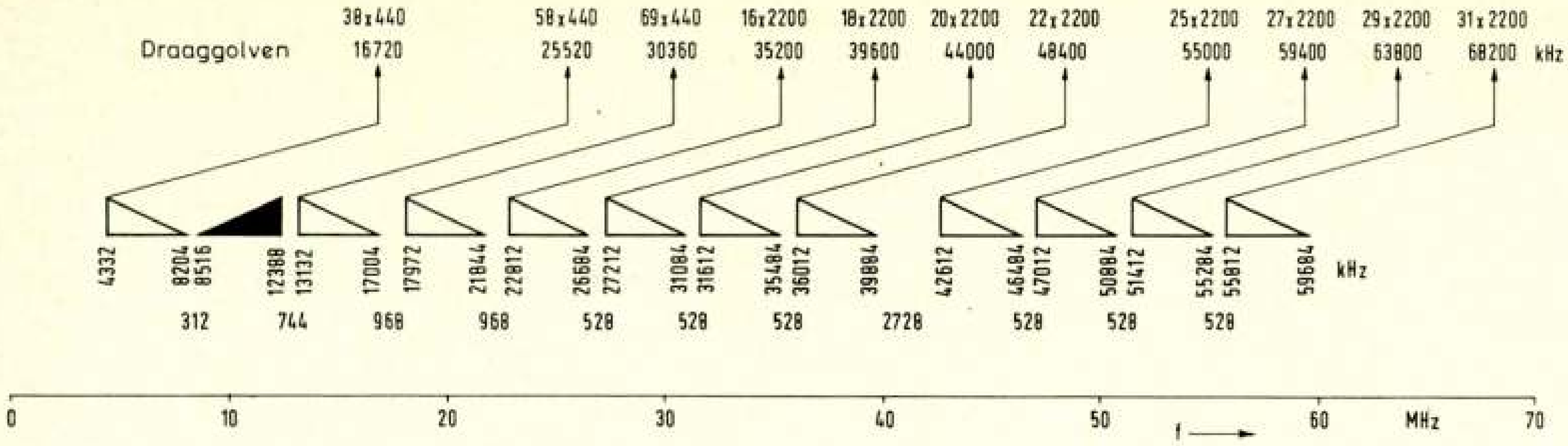


Fig. 4. Frequenties in lijn aanbevolen voor het 40/60 MHz-systeem op het 2,6/9,5 mm coaxiale paar.

MHz met een capaciteit van 10 800 kanalen, hetgeen wil zeggen dat men voor die reusachtige capaciteit geen ander type hoeft te normaliseren. Proeven gedaan op het merendeel der bestaande kabels hebben aangetoond dat die voor die uitbreiding vatbaar zijn.

2. De opstelling in lijn van de kanalen is voorlopig genormaliseerd kunnen worden. Het basisblok voor het onderling verbinden is de quaternaire groep van 8 516 kHz tot 12 388 kHz, aanbevolen in het advies van het Rood Boek. Al de modulaties en demodulaties van de basis quaternaire groepen om die in lijn te brengen gebeuren in een enkele modulatietrap.
Zoals te zien op fig. 4 zijn alle draaggolven veelvouden van 440 of 2 200 kHz. Die frequenties hebben eenvoudige verhoudingen tot de gebruikte frequenties in het 12 MHz-systeem. De vier onderste quaternaire groepen kunnen individueel uit de lijn gefilterd worden. De andere quaternaire groepen moeten in blokken van 4 uitgehaald worden. Een aanpassing voor landen die werken met blokken van 15 secondaire groepen is ook tot stand gekomen.
Het fictieve referentiecircuit is ook op punt gesteld voor afleiding van de bestaande circuits voor het 12 MHz-systeem.

Deze voordracht besluit de geschiedenis van de coaxiale kabel 2,6/9,5 want verder zal men niet gaan met dit type kabel door het feit dat de versterkers te dicht op elkaar dienen te liggen en dat andere modulatiemethoden of ook het gebruik van andere kabels, alsook de golvengeleiders, de verdere uitbreiding zullen stremmen.

Alles wat van ver of van dicht aan een coaxiaal geleek moest traditioneel in de werkgroep terechtkomen, ook werd in maart 1959 gevraagd de studie aanstonds aan te vatten voor de ontwikkeling van een coaxiaal systeem met 300 kanalen op een kabel van kleinere afmetingen.

Veel last hebben wij gehad om tot die unieke kabel te komen. Nopens de impedantie had men uiteenlopende gedachten. Sommige zoals de Standard uit Londen en het Italiaanse beheer waren voorstander van 65 Ω, anderen dachten dat het beste diëlektricum de lucht was, en in dat geval de meest economische kabel toch normaal op 75 Ω zou uitkomen. Hier moet ik oprecht bekennen dat ikzelf voorstander was van die waarde, tot zover dat de Italiaanse delegatie mij de naam van 'Mister 75 ohm' gaf.

Met veel wringen en duwen heeft men in de werkgroep toch besloten dat men de voorkeur moest geven aan de 75 Ω-waarde indien een van de landen het vroeg. De zaken zijn zelfs zover

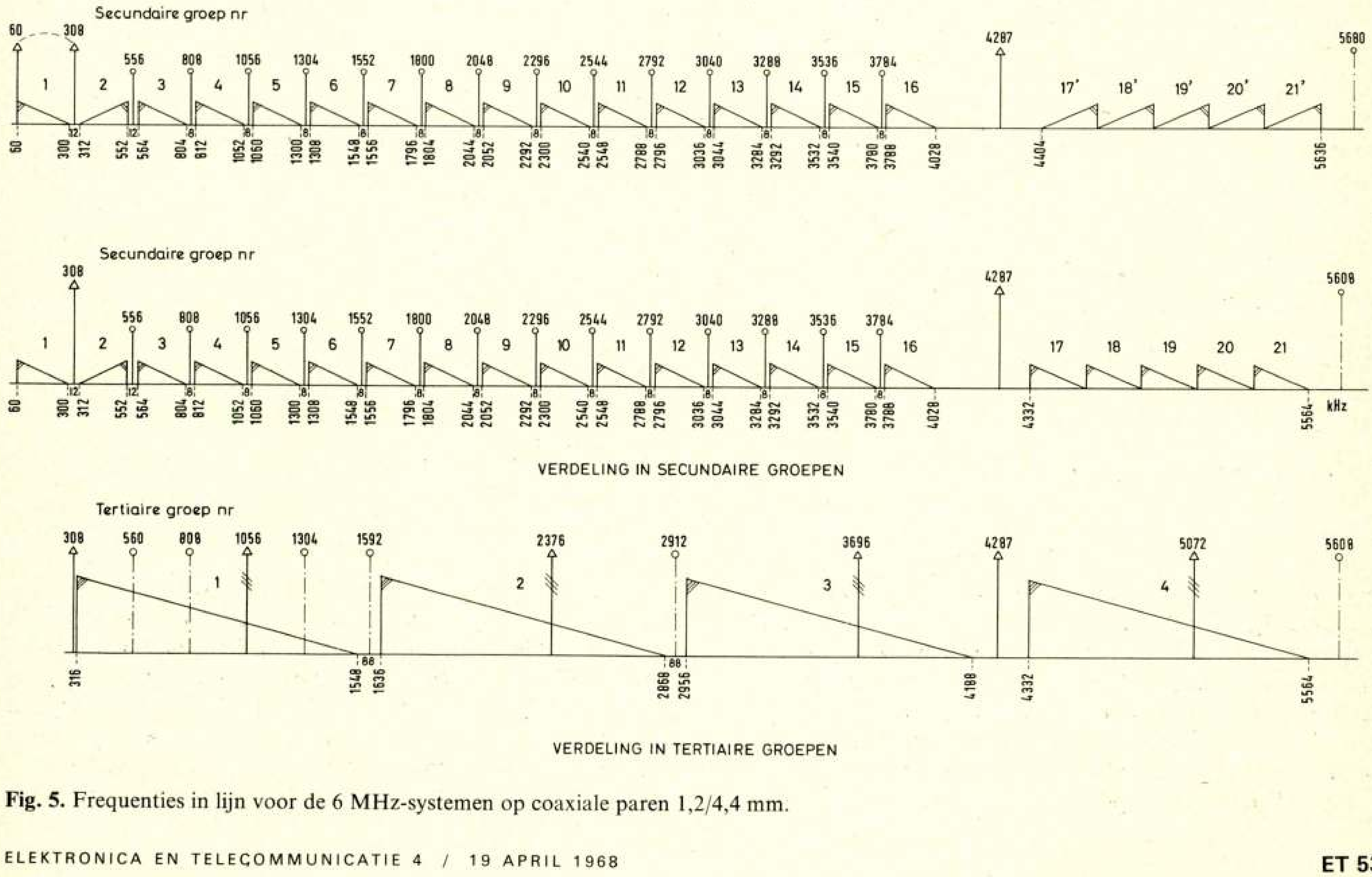


Fig. 5. Frequenties in lijn voor de 6 MHz-systemen op coaxiale paren 1,2/4,4 mm.

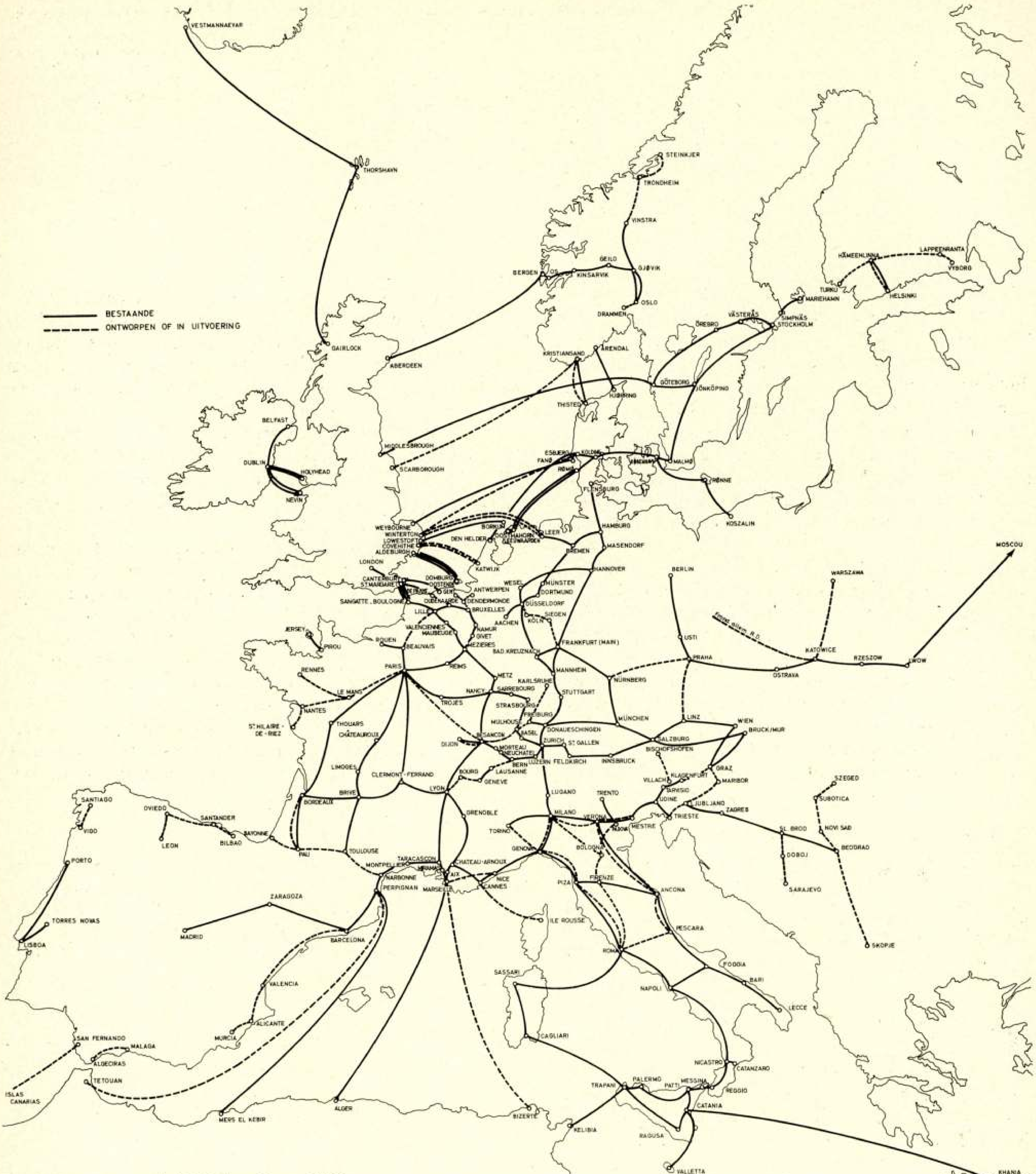


Fig. 6. Europees coaxiaal kabelnet (Rome 1963).

gegaan dat in een van de zittingen een Franse afgevaardigde bijna tot handgemeen kwam met een Italiaan over de keuze van die waarde. Zo heeft de werkgroep bijna martelaars gekend! Het is niet voor december 1960 in New Delhi dat eenheid bekomen werd over de impedantie van de kabel. In het Rood Boek van 1960 staat reeds die kleine waardevolle zinsnede: 'L'impédance caractéristique nominale est de 75 Ω à 1 MHz'.

Na verschillende constructie-afwijkingen is men tegenwoordig toch op een type kabel uitgekomen, nl. het ballontype of het bamboetype. De schuimisolatie schijnt grond te verliezen door de grote moeilijkheid die stof homogeen te krijgen en te bewaren. De opdracht in New Delhi was een systeem te bouwen, in den beginne voor 300 kanalen. De afstand tussen de versterkers was 6 km. De frequentie op de lijn waren volgens twee schema's opgemaakt, een met secondaire groepen, de andere met een tertiaire groep. Natuurlijkerwijze heeft men piloten bepaald

met hun stabiliteit en hun niveaus; de aanpassing van de impedantie en de niveaus aan de grenzen werden vastgelegd.

Zeer vlug hebben de afgevaardigden bemerkt dat de uitbating met 300 kanalen minder economisch uitvalt dan de 120 kanalen op symmetrische paren en het nodig is die capaciteit op te drijven door verdubbeling der versterkers.

Ongelukkig zijn hier twee systemen ontstaan, een met 900 kanalen en een met 1200 kanalen. In het eerste geval wordt de afstand 4 km, in het tweede geval 3 km. De voorstanders van het tweede systeem hadden nochtans twee goede argumenten: mogelijkheid de televisie door te zenden op een 6 MHz-band, alsook 300 telefoonkanalen extra te verkrijgen, d.w.z. 33% meer kanalen vermits een uitgave in versterkers die dit percentage niet bereikt.

Voor het 6 MHz-systeem bestaan er drie opstellingen van de frequenties op de lijn. De eerste twee opstellingen maken gebruik van secondaire groepen, de derde van tertiaire groepen (fig. 5). In het eerste schema worden de groepen in lijn geplaatst door toedoen van draaggolven afgeleid van 124 kHz. Boven de 4 MHz kunnen de 5 secondaire groepen in lijn geplaatst worden mits gebruik wordt gemaakt van dezelfde draaggolven als van de secondaire groepen 15 tot 19, maar met de bovenste zijband. In het tweede schema vindt men boven de 4 MHz vijf secondaire groepen die overeenkomen met de tertiaire groep 4 van het 12 MHz-systeem. Het laatste schema bestaat uit de tertiaire groepen 1 tot 4 van het 12 MHz-systeem. Andere modulatiemethoden zijn natuurlijk mogelijk.

Wanneer het systeem beperkt is tot 4 MHz (afstand tussen versterkers 4 km) dan liggen er twee oplossingen voor de hand. een met secondaire groepen (4 MHz-systeem) en een ander met 3 tertiaire groepen (gedeelte van het 12 MHz-systeem). Men denkt stellig dat een 12 MHz-systeem mogelijk is op kleine coaxiale kabels met die zeer interessante bevinding dat de getransistoriseerde versterkers van het 12 MHz-systeem zouden kunnen worden gebruikt op dikke en dunne coaxiale kabels.

Om deze voordracht te besluiten is het misschien interessant aan te duiden welke grote uitbreiding die kabels in Europa gekend hebben en zullen kennen (zie fig. 6).

III. Typische netwerkproblematiek en systeemkeuze voor coaxiale systemen in Nederland

621.395.44

door ir. W. F. Reeser, Centrale Directie PTT - 's Gravenhage

Summary: *Typical networkproblems and choice of coaxial systems in the Netherlands.*
A survey is given of the development of the telecommunication-network in the Netherlands. In the past the growing demand for telecommunication facilities has been met by the increase of the frequency-bandwidth of the symmetrical-pair carriercables. The reasons for the extension of the network with wideband transmissionsystems (coaxial cables and radio-links) are discussed. Some information is given concerning the choice of the coaxial cable-type.

1. Inleiding

In tegenstelling tot vele andere landen wordt in Nederland voor de afwikkeling van het nationale telefoon- en telegraafverkeer nog geen gebruik gemaakt van coaxiale kabels. Binnenkort zal hierin echter verandering komen, de coaxiale kabel zal ook in het Nederlandse telecommunicatienet zijn intrede doen.

In het volgende wordt een uiteenzetting gegeven van de voornaamste overwegingen welke tot deze ontwikkeling hebben geleid. Ter wille van de overzichtelijkheid wordt de beschouwing beperkt tot het netwerk van de interdistrictsverbindingen.

Nederland is ingedeeld in een aantal telefoondistricten. In fig. 1 zijn 21 districtscentrales aangegeven, welke zich bevinden in de centra van de technische telefoondistricten. Elke districtscentrale is met alle andere districtscentrales gekoppeld d.m.v. rechtstreekse verbindingen, die tezamen het interdistrictsnet vormen. Transmissietechnisch bezien bevat het netwerk van interdistrictsverbindingen dus $21 \times 20 : 2 = 210$ verbindingsbundels. De aantallen verbindingen per bundel lopen sterk uiteen, de grootste bundels bevinden zich tussen de centra in het Westen des lands over afstanden van 50 à 60 km, terwijl men de kleinere bundels in het algemeen op de grotere afstanden aantreft.

2. Ontwikkeling van de transmissietechniek in Nederland na 1930

In 1931 werd begonnen met de invoering van versterkte laagfrequente vierdraadsverbindingen tussen de districtscentra, die werden ondergebracht in daartoe gelegde gepupiniseerde dubbelkabels.

Ter verduidelijking van het begrip 'dubbelkabel' diene, dat hieronder een systeem wordt verstaan waarbij de beide spreekrichtingen van een vierdraadsverbinding ieder in een afzonderlijke kabel worden ondergebracht. Tussen 2 centra A en B worden gelijktijdig 2 kabels gelegd; alle transmissierichtingen van A naar B worden in één kabel geschakeld terwijl alle transmissierichtingen van B naar A m.b.v. de andere kabel worden gevormd.

Nagenoeg het gehele interdistricts-laagfrequentdubbelkabelnet werd gebouwd in de periode 1931-1937.

Intussen was de ontwikkeling van de draaggolftransmissietechniek zover gevorderd dat PTT besloot deze techniek te gaan toepassen. In 1936 werd de eerste draaggolfdubbelkabel gelegd tussen Groningen en Leeuwarden.

Het bleek mogelijk tussen 2 versterkerstations (op ca. 50 km van elkaar gelegen) een frequentieband tot ca. 60 kHz over te brengen. In deze frequentieband konden per aderpaar 12 telefoniekanalen (met 4 kHz afstand tussen de kanalen) worden gevormd. Kort na de oorlog werd, door halvering van de versterkerafstand tot ca. 25 km, de over te brengen frequentieband verbreed tot 204 kHz, waarmede overdracht van 48 telefoniekanalen per aderpaar mogelijk werd.

Na uitgebreide bestudering en metingen van de kabeleigenschappen (demping en overspreken) werd in 1962 de frequentieband wederom verbreed, nu tot 552 kHz, waarin 120 telefoniekanalen kunnen worden ondergebracht. Hiertoe moet de kabel om de ca. 8 km worden voorzien van versterkers, die in getran-

Fig. 2. Het straalverbindingsnet van Nederland voor telefonie. (De verbindingen Roosendaal-Rotterdam zijn te zien als stippellijnen, hetgeen in de figuur niet duidelijk tot uiting komt.)

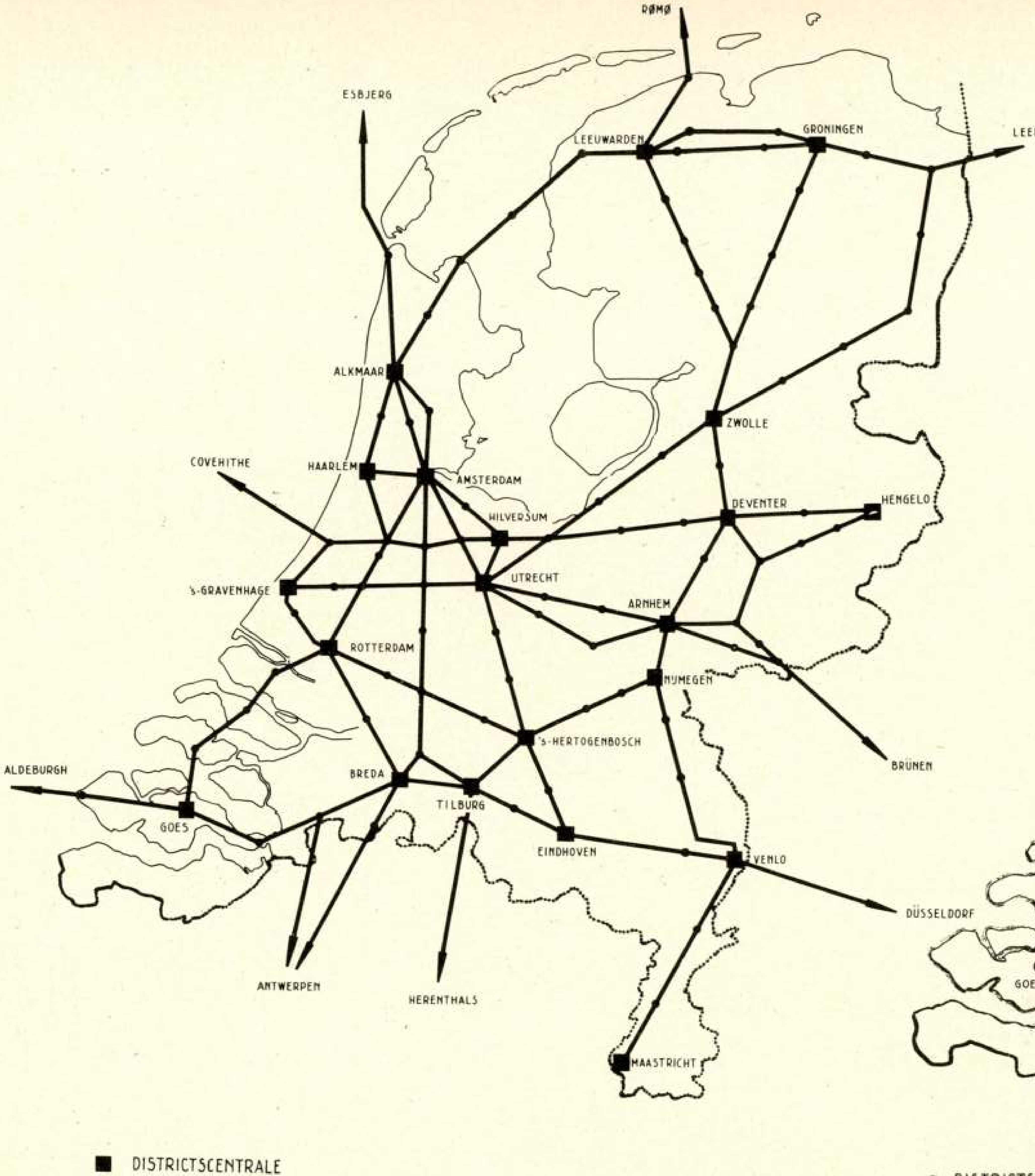
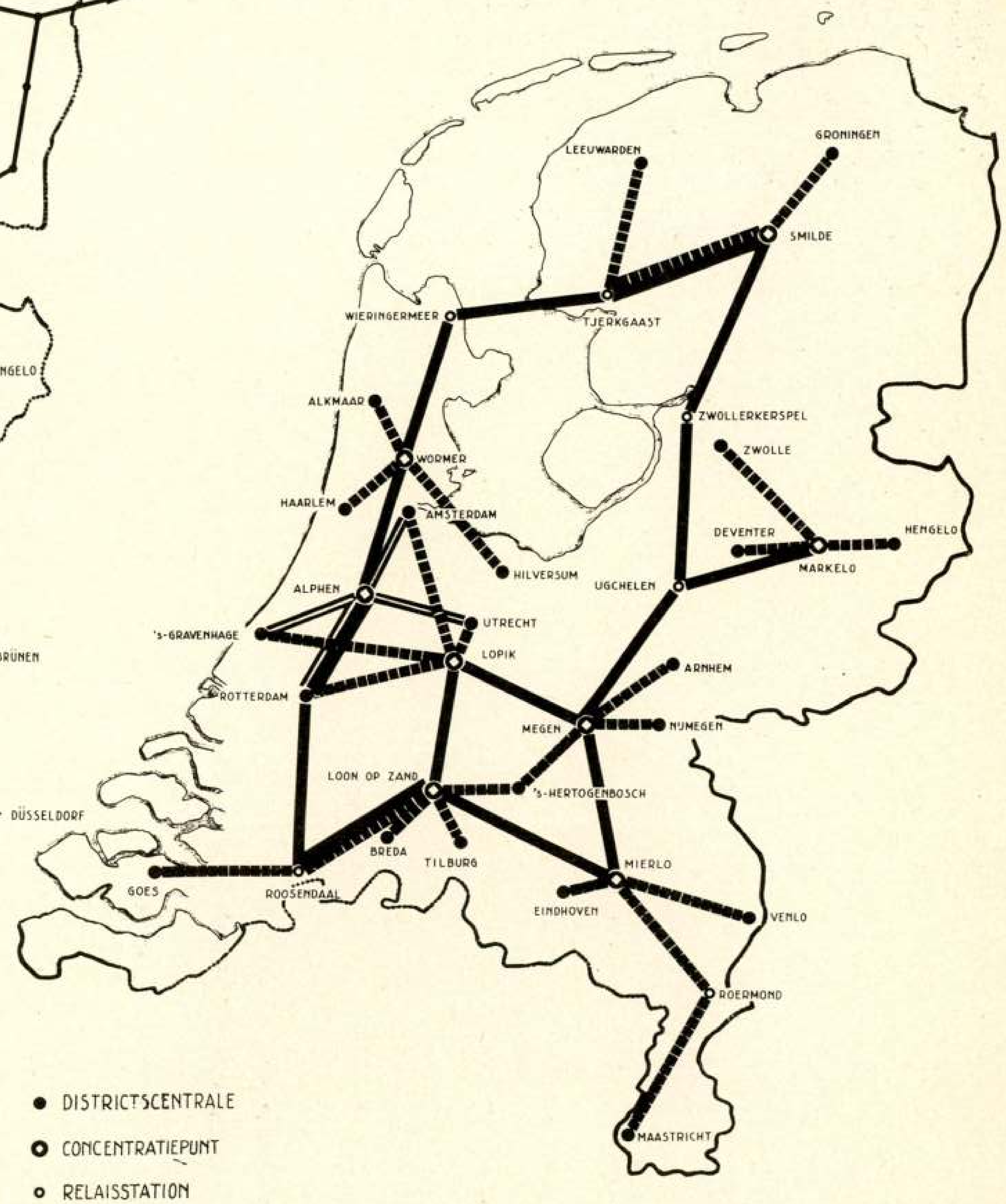


Fig. 1. Het draaggolfkabelnet van Nederland (vereenvoudigd weergegeven).



sistoriseerde uitvoering ondergronds zijn aangebracht en over de kabel worden gevoed.

Een nog verdere vergroting van de frequentieband is niet mogelijk, omdat de verliezen in de papierisolatie van de aders sterk toenemen en de vereiste compensatie van de verandering van de kabeldemping ten gevolge van wisselingen in de bodemtemperatuur praktisch niet meer te realiseren is.

Het draaggolfkabelnet bestaat in hoofdzaak uit kabels die 12 stergroepen, d.w.z. 24 aderparen bevatten. In elke kabel zijn dus 24 afzonderlijke verbindingsmogelijkheden aanwezig, thans ieder met een capaciteit van 120 telefoonkanalen; de totale transportcapaciteit van een symmetrische draaggolfdubbelkabel bedraagt $24 \times 120 = 2880$ kanalen. In het Nederlandse net, met vele districtscentra op relatief kleine onderlinge afstanden, biedt dit kabeltype grote voordelen t.a.v. de souplesse bij de routering van verkeersbundels met sterk verschillende bundelgrootte en uiteenlopende bestemmingen. Fig. 1 geeft een vereenvoudigd overzicht van het draaggolfkabelnet, op vele trajecten liggen 2 en soms 3 draaggolfdubbelkabels.

3. Ontwikkeling in het buitenland

De ontwikkeling van de transmissietechniek is in het buitenland op een andere wijze verlopen dan in Nederland. Men werd daar al spoedig geconfronteerd met het probleem om transmissiewegen te vormen tussen grote steden over afstanden van honderden kilometers. In het bijzonder was dit in de Verenigde Staten het geval, hetgeen in de dertiger jaren leidde tot de ontwikkeling van de transmissie m.b.v. coaxiale kabelsystemen.

Deze ontwikkeling is na de oorlog door het toenmalige CCIF (Comité Consultatif International Téléphonique) vastgelegd in aanbevelingen. De afmetingen van de coaxiale geleiders werden genormaliseerd, nl. 2,6 mm diameter van de binnengeleider en 9,5 mm binnendiameter van de buitengeleider, de versterkerafstand werd bepaald op 9 km. De hoogste over te brengen frequentie was eerst ca. 2,6 MHz, hetgeen betekende dat 600 kanalen (10 secondaire groepen à 60 kanalen) in deze band konden worden ondergebracht. Vrij snel daarna werd dit aantal kanalen vergroot tot 960 (16 secondaire groepen) en werd de hoogste frequentie ca. 4 MHz.

De coaxiale techniek is van nature zeer geschikt voor het overbrengen van brede frequentiebanden. De transportkosten per kanaal zijn laag omdat over eenzelfde kabelcircuit vele kanalen worden vervoerd. Hiertegenover staat echter, dat voor het vullen van de brede frequentieband met een groot aantal individuele kanalen ingewikkelde modulatie- en demodulatie-apparatuur (zgn. stapelapparatuur) nodig is. Dergelijke stapelapparatuur is niet alleen aan de einden van het kabelcircuit nodig, maar ook in alle punten onderweg, waar behoefte bestaat aan het in- en uitstappen in de brede transportweg. Het zal duidelijk zijn dat de economische voordelen van de coaxiale transmissietechniek in het bijzonder tot uiting komen als behoefte bestaat aan grote aantallen verbindingen over betrekkelijk grote afstanden en het aantal aftakkingen onderweg beperkt is.

De sterk groeiende behoefte aan verbindingen werd een stimulans voor het zoeken naar middelen om de transportcapaciteit van het coaxiale medium te vergroten. Door halvering van de versterkerafstand tot 4,5 km werd het mogelijk de frequentieband uit te breiden tot ca. 12 MHz, waarmede overdracht van 2700 telefoniekanalen kon worden verkregen.

In deze fase (1958) kwam in het CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) de vraag aan de orde of het zin zou hebben een systeem te introduceren met coaxiale kabels met dunnere pijpen en beperktere capaciteit dan het genormaliseerde type. In Nederland was ditzelfde vraagstuk inmiddels ook actueel geworden, nl. als onderdeel van de studie van de toekomstige verbindingsmiddelen. Alvorens deze ontwikkeling verder te volgen is het gewenst nader in te gaan op de achtergronden die tot de in Nederland gevolgde koers hebben geleid.

4. Netwerkplanning in Nederland

Bij het opstellen van plannen voor het realiseren van de bedrijfsmiddelen die nodig zijn om in de toekomstige telecommunicatiebehoeften te voorzien, moet men met diverse factoren rekening houden. Enerzijds speelt de groei van het verkeer een zeer belangrijke rol, anderzijds moeten de technische ontwikkeling, alsmede de economische en exploitatieve aspecten van de invoering van nieuwe bedrijfsmiddelen eveneens in de studie worden betrokken. Bovendien zal men zich een beeld moeten vormen van de behoefte aan nieuwe dienstverleningen op het gebied der telecommunicatie.

De groei van het interdistrictstelefoonverkeer blijkt in Nederland al gedurende vele jaren in de orde van 10% per jaar te bedragen, hetgeen betekent dat de verkeersomvang in een periode van ongeveer 7 jaar verdubbelt. De vergroting van de capaciteit van het transmissienet, die nodig was om het snel groeiende verkeer de baas te blijven, is in de afgelopen decennia voor een belangrijk gedeelte gerealiseerd in het symmetrische draaggolfnet zelf. De transportcapaciteit van het symmetrische aderpaar kon, zoals reeds is vermeld, in de loop van de jaren vertienvoudigd worden: van 12 kanalen in 1936 via 48 kanalen tot 120 kanalen per aderpaar, waarmede gewerkt wordt vanaf 1962.

Gedurende de reeks van jaren, waarin de geschetste ontwikkeling van de transmissie over symmetrische kabeladers tot stand kwam, zijn de voor- en nadelen van symmetrische en coaxiale kabelsystemen diverse malen met elkaar vergeleken. In het stadium dat de uitbreiding van 12 naar 48 kanalen op symmetrische kabels actueel was bood de coaxiale kabel (afmetingen 2,6/9,5 mm) gelegenheid tot transport van 960 kanalen per pijpenpaar. Aangezien de grootste verbindingsbundel in die tijd uit ongeveer 300 kanalen bestond, was de transportcapaciteit van 960 kanalen zeer groot t.o.v. het merendeel van de interdistrictsrelaties. Om een rendabele bezetting van het coaxiale transmissiemedium te bereiken zou het nodig zijn vele malen, in op korte afstand van elkaar gelegen plaatsen, in en uit te stappen op het bredeband-transportsysteem. De benodigde modulatie- en demodulatie-apparatuur voor het stapelen en ontstapelen van de afzonderlijke kanalen zou tot een dure en technisch gecompliceerde oplossing leiden. De keuze tussen de beide alternatieven was dan ook niet moeilijk; op grond van technische en economische motieven werd de voorkeur gegeven aan het 48 kanalen-systeem op symmetrische draaggolfkabels.

Omstreeks 10 jaar later, in 1960, kwam het keuzevraagstuk opnieuw aan de orde, nl. toen het mogelijk werd om 120 kanaalsystemen op symmetrische draaggolfkabels te gaan bedrijven. Als alternatieven waren er op dat moment 2 typen coaxiale kabels beschikbaar:

- de 'grote' coaxiale kabel (2,6/9,5 mm), waarvan de capaciteit inmiddels van 960 tot 2700 kanalen per pijpenpaar was verhoogd, d.w.z. met een factor 2,8. Aangezien de verkeersbundels in de 10-jarige periode in dezelfde orde van grootte waren gegroeid, nl. met een factor $1{,}1^{10} = 2{,}6$, bleek deze coaxiale techniek wederom niet aantrekkelijk.

– de 'kleine' coaxiale kabel (1,2/4,4 mm) [1]), waarvan de ontwikkeling juist op gang was gekomen.

Bij dit kabeltype werd gedacht aan een opbouw uit 12 pijpen, ofwel 6 systemen elk op een pijpenpaar, hetgeen gunstig leek voor de toepassing in de Nederlandse omstandigheden. Bij het routeren van het verkeer zou het beschikbaar zijn van meerdere coaxiale systemen in dezelfde kabel soortgelijke voordelen bieden als de 24 dubbeladers in de symmetrische draaggolfkabel. Bepaalde pijpenparen kunnen dan nl. voor bepaalde relaties worden bestemd, waardoor het veelvuldig in- en uitstappen op de breedbandige transportweg wordt beperkt.

In CCITT kringen wilde men destijds het klein coaxiale kabeltype bestemmen voor de transmissie van slechts 300 kanalen. De Nederlandse PTT vond dit geen aantrekkelijke propositie; enerzijds werd de stap naar 300 kanalen te klein geacht in vergelijking met de 120 kanalen mogelijkheid op symmetrische aders, anderzijds wilde men met klein coaxiale kabels de mogelijkheid scheppen tot het transport van breedbandige signalen o.a. voor televisiedoeleinden. Door Nederland werd dan ook in het CCITT voorgesteld het nieuwe systeem te baseren op transmissie van 900 telefoniekanalen of 1 TV-signaal en voor de hoogste frequentie ca. 6 MHz te kiezen. Dit voorstel vond echter op dat tijdstip geen steun bij het CCITT. Aangezien de Nederlandse PTT het niet gewenst vond met een eigen ontwikkeling voort te gaan, waardoor vrij zeker een systeem zou ontstaan dat specifiek op de situatie in Nederland was gericht en de kans groot was, dat het zou afwijken van een eventuele latere normalisatie door het CCITT, werd besloten de verdere internationale ontwikkeling af te wachten.

Tevens werd besloten de noodzakelijke uitbreiding van het Nederlandse net te verwezenlijken door de frequentieband van de bestaande kabels te verbreden tot ruim 0,5 MHz en tot invoering van de 120-kanalentechniek over te gaan. Uiteraard hebben de grote economische voordelen, die met deze werkwijze konden worden behaald, bij de beslissing wederom een belangrijke rol gespeeld. Volgens de huidige plannen zal het landelijke interdistrictsnet omstreeks 1970 voor de 120-kanalentechniek geschikt gemaakt zijn.

Aan het besluit tot invoering van 120-kanaalsystemen waren een aantal belangrijke consequenties verbonden:

a. door het vergroten van de transportcapaciteit in de verhouding 120:48=2,5 kan de verkeersgroei van een ongeveer 10-jarige periode worden opgevangen.

b. uit verkenning van de eigenschappen van het transmissiemedium was gebleken dat met de stap naar 120 kanalen per aderpaar de grens van het technisch realiseerbare praktisch was bereikt, zodat verdere vergroting van de capaciteit van het net slechts kan worden verkregen door het bijleggen van *nieuwe* draaggolfkabels, waardoor echter het kostenaspect in een heel ander daglicht komt te staan.

c. het systeem is ongeschikt voor transmissie van breedbandige signalen, omdat geen hogere frequenties dan ca. 0,5 MHz kunnen worden overgedragen.

d. bij volle bezetting transporteert een 24 dubbeldraadskabel $24 \times 120 = 2880$ kanalen. Het uitvallen van een dergelijk aantal verbindingen door een kabelstoring zal ernstige gevolgen voor de verkeersafwikkeling kunnen veroorzaken.

In verband met de noodzaak om op langere termijn in de steeds groeiende verkeersbehoeften te moeten voorzien en de genoemde beperkingen van de transmissie over symmetrische draaggolfkabels, werd, eveneens in 1960, besloten tot de vorming van een landelijk *straalverbindingsnet*.

De ontwikkeling van de straalverbindingstechniek was in die tijd zover gevorderd, dat, mede gezien de gunstige resultaten die door verschillende buitenlandse administraties bij de toepassing van deze techniek waren verkregen, het verantwoord werd geacht van het nieuwe transmissiemiddel gebruik te gaan maken voor de vorming van interdistrictsverbindingen en ter voorziening in de eventuele behoefte aan transport van breedbandige signalen.

Fig. 2 geeft een beeld van het geprojecteerde straalverbindingsnet, waarin 3 delen kunnen worden onderscheiden:

– het ongeveer ringvormige hoofdtransportnet (aangeduid met getrokken lijnen). De stralen kunnen 1800 kanalen overbrengen en werken in de 6 GHz band (6000 MHz). In een aantal concentratiepunten zijn alle districtscentrales groepsgewijze op het hoofdnet aangesloten.
– de toevoerroutes van de districtscentrales naar de concentratiepunten zijn met stippellijnen aangegeven, deze worden uitgevoerd in 900-kanalentechniek in de 7 en 8 GHz banden.
– het net tussen de 4 grote steden in de Randstad is aangeduid met dubbele getrokken lijnen, het bevat eveneens 900-kanaalsystemen, werkend in de 4 GHz band.

Volgens de planning zal het straalverbindingsnet in het begin der jaren '70 gereedkomen.

5. Vergelijking van in de toekomst nodige en beschikbare transmissiemiddelen

Het voorgaande geeft een beeld van de huidige situatie en van de plannen voor de eerstkomende jaren. Om een inzicht te krijgen in de behoefte aan verdere uitbreiding moet worden nagegaan tot welk tijdstip de capaciteit van het symmetrische net en het straalverbindingsnet tezamen voldoende zal zijn om in de verkeersbehoefte, op basis van 10% groei per jaar, te voldoen. Daartoe moeten netcapaciteit en verkeersbehoefte in eenzelfde maat worden uitgedrukt.

Als maat wordt de secondaire groepkilometer (sgkm) gekozen. De secondaire groep (sg), ook wel supergroep genoemd, is een samenstel van 60 kanalen, dat voorkomt in het modulatieproces bij de stapeling van de kanalen. De sgkm is de prestatie die nodig is om 1 sg over een afstand van 1 km te transporteren.

Het is duidelijk dat er een nauw verband bestaat tussen de verkeersbehoefte op een bepaalde relatie en het aantal verbindingen dat de bij die relatie behorende verbindingsbundel moet bevatten om het aangeboden verkeer te kunnen verwerken.

De verkeersbehoefte wordt uitgedrukt in sgkm's door het aantal kanalen van de verbindingsbundel af te ronden op een veelvoud van 60 en het zo gevonden aantal sg'n te vermenigvuldigen met de kilometrische lengte van de betreffende relatie.

Uit sommering van de op deze wijze bepaalde bedragen over alle in het net voorkomende relaties volgt de totale verkeersbehoefte, uitgedrukt in sgkm's.

De netcapaciteit vindt men door voor elk traject de maximale capaciteit in sg'n te bepalen en met de lengte van het traject te vermenigvuldigen. Totalisering levert de bruto netcapaciteit. Om de netto netcapaciteit te vinden moet men een aantal correcties aanbrengen (o.a. voor de nodige reserve om het verkeer te kunnen omleiden bij storingen en i.v.m. de onvermijdelijke onderbezetting in de transmissiemiddelen t.g.v. het toepassen

[1]) De afmetingen van de coaxiale geleiders zijn:
diameter van de binnengeleider 1,2 mm
binnendiameter van de buitengeleider 4,4 mm.

van gestandaardiseerde eenheden als kabels en straalverbindingen).

Een dergelijke berekening leert dat de transportcapaciteit van de beide netten tezamen tot 1975 voldoende is om in de verkeersbehoefte te voorzien, deze zal dan 130 000 sgkm bedragen. Oppervlakkig bezien zou e.e.a. de indruk kunnen vestigen dat voorlopig kan worden volstaan met het uitvoeren van de opgestelde plannen en er pas omstreeks 1975 voorzieningen moeten worden getroffen ter verdere uitbreiding van het telecommunicatienet. Wanneer men echter de groei van 1975 naar 1976 berekent dan blijkt deze rond 10% van 130 000 of 13 000 sgkm te bedragen, d.i. ongeveer de halve capaciteit van het totale thans geprojecteerde straalverbindingsnet. Een dergelijke produktie is in een tijdsbestek van ongeveer 1 jaar praktisch niet te realiseren. Zelfs al zal, zoals verwacht wordt, de groei omstreeks 1975 kleiner zijn dan 10% per jaar, dan toch zullen tijdig de nodige maatregelen moeten worden genomen om in de behoefte aan uitbreiding te kunnen voorzien.

Opgemerkt zij dat de genoemde cijfers alleen betrekking hebben op het nationale telefoonverkeer, niet gerekend is met andere behoeften als internationale telefonie, datatransmissie en besloten TV-verbindingen (1 TV-circuit belegt een frequentieband waarin ± 1200 telefoonkanalen kunnen worden ondergebracht). Verder kan worden opgemerkt dat de stijgende behoefte aan transportcapaciteit leidt tot de noodzaak om de produktie van sgkm per manuur, die aan bouw- en installatiewerkzaamheden wordt besteed, zo hoog mogelijk op te voeren.

6. Welke transmissiemiddelen komen voor toekomstige toepassing in aanmerking?

Het telecommunicatienet kan worden uitgebreid d.m.v. kabel- of straalverbindingen ofwel door een combinatie van beide technieken. In het volgende wordt een samenvatting gegeven van een aantal algemene overwegingen die een rol spelen bij de beslissing tot het toepassen van nieuwe bedrijfsmiddelen.

6.1. Kabelverbindingen

Het behoeft nauwelijks toelichting dat de keuze tussen symmetrische en coaxiale kabel ten gunste van de coaxiale kabel uitvalt. (In symmetrische systemen zijn de kosten per sgkm voor grote aantallen kanalen hoger dan in coaxiale systemen, de bouwsteen is te klein en er is geen bredebandtransmissie mogelijk.)

Bij coaxiale transmissie zijn verschillende vormen van uitvoering mogelijk:

- men kan kabels gebruiken met grote (2,6/9,5 mm) of met kleine (1,2/4,4 mm) pijpen;
- er is een zekere vrijheid in de keuze van het aantal pijpen per kabel;
- voor wat de bandbreedte betreft kan men kiezen tussen systemen met een hoogste frequentie van 4 MHz, 6 MHz of 12 MHz. (Systemen tot 60 MHz en het gebruik van dikkere coaxiale pijpen worden buiten beschouwing gelaten, deze zijn momenteel nog niet voldoende ontwikkeld.)

Na uitvoerige bestudering van de technische en economische aspecten van de mogelijke combinaties blijkt de kabel met 6 coaxiale pijpen (2,6/9,5 mm) en een frequentieband tot 12 MHz het geschiktst te zijn voor toepassing in het Nederlandse transmissienet. Bij deze keuze heeft wel de overweging gegolden dat in de verdere toekomst de frequentieband, indien nodig, van 12 MHz tot 60 MHz kan worden vergroot. Gezien de ervaring met de symmetrische draaggolfkabels liggen hierin aantrekkelijke economische perspectieven besloten.

6.2 Straalverbindingen

Het is zonder meer mogelijk het net op verantwoorde wijze uit te breiden door vergroting van het aantal straalverbindingen. Het zou te ver voeren om dieper in te gaan op de wijze waarop van straalverbindingen gebruik kan worden gemaakt; volstaan wordt met enkele algemene opmerkingen:

- de jaarkosten van coaxiale en straalverbindingssystemen ontlopen elkaar zo weinig, dat ze de keuze van het toe te passen transmissiemiddel nauwelijks beïnvloeden, overwegingen van andere aard zullen hierbij bepalend zijn.
- de kwetsbaarheid van straalverbindingen is een andere dan die van kabels, ze kunnen uiteraard niet door grondwerkzaamheden worden gestoord. Wel kunnen er bij voortgaande uitbreiding van het straalverbindingsnet steeds grotere apparatuurconcentraties ontstaan in de straalverbindingstorens. De kans op het optreden van ernstige storingen door het uitvallen van een dergelijk apparatuurcomplex, door welke oorzaak ook, moet derhalve niet denkbeeldig geacht worden.
- in een dicht vertakt straalverbindingsnet, als in Nederland kan ontstaan, zal het probleem van het vinden van voldoende en onderling storingsvrije frequenties een ongelimiteerde uitbreiding in de weg kunnen staan.

Coaxiale kabel- en straalverbindingssystemen vertonen een grote mate van overeenstemming zowel wat de gebruiksmogelijkheden als de transmissie-eigenschappen betreft; beide technieken zullen dan ook in de toekomst in het Nederlandse telecommunicatienet worden toegepast. Hun gelijkwaardigheid zal bijdragen tot vergroting van de flexibiliteit en de efficiency van de werkuitvoering.

De invoering van de coaxiale constructie brengt een aantal nieuwe werkmethoden met zich mede, o.a. moet bijzondere aandacht besteed worden aan de beveiliging tegen het indringen van water in de kabel bij kabelbeschadigingen. PTT acht de beveiliging met behulp van gasdruk niet gewenst, zodat naar andere middelen is gezocht. Voor bijzonderheden moge verwezen worden naar de voordracht van ir. H. W. F. van 't Groenewout. [2])

De vorm van het coaxiale net ligt nog niet vast. Het zal nodig zijn alle districtscentrales op het coaxiale kabelnet aan te sluiten ten einde een gaaf en flexibel transmissiestelsel te verkrijgen. Het streven naar een goed bezettingsrendement zal het introduceren van een aantal concentratiepunten nodig maken, evenals bij het straalverbindingsnet het geval is. Bijvoorbeeld zou men deze concentratiepunten in, of in de buurt van, de straalverbindingstorens kunnen projecteren, het coaxiale kabelnet zou dan de vorm krijgen van een 'aardnet onder het straalnet'. Andere configuraties zijn evenwel ook denkbaar.

7. Reservecapaciteit van het transmissienet

Met een enkel woord zij nog aandacht besteed aan de reservecapaciteit van het toekomstige transmissienet. Uiteraard zal er altijd reserve moeten zijn ten einde het verkeer bij storingen te kunnen omleiden. Thans geschiedt dit omleiden door ingrijpen van het personeel, hiermede is tijd gemoeid en als regel is slechts een deel van het gestoorde verkeer te herstellen. Naarmate de capaciteit van de transmissiemiddelen groter wordt, zullen steeds grotere aantallen verbindingen bij storingen buiten bedrijf raken. Tegelijkertijd zullen echter de kosten voor het transport een steeds kleiner aandeel gaan vormen van de totale kosten van een enkele verbinding; anders gezegd, de kosten van

[2]) nog te publiceren.

de altijd benodigde draaggolf-eindapparatuur en schakeltechnische apparatuur gaan meer en meer de totaalkosten van de verbinding bepalen. Een ruimere reserve in de 'afstandsoverbruggende' bedrijfsmiddelen, zal in die omstandigheden tot een slechts geringe verhoging van de verbindingskosten leiden.

Het wordt interessant te onderzoeken of het mogelijk en verantwoord is het huidige systeem van met de hand bediende verkeersomleidingen om te zetten in een systeem, waarbij de reserveroutes bij storingen automatisch worden ingeschakeld. Hiertoe zullen bijzondere voorzieningen moeten worden getroffen i.v.m. de vergroting van de reserve, de routering van de reserveverbindingen en de introductie van omschakelorganen met bijbehorende commando-inrichtingen. De extra kosten, verbonden aan het vergroten van de reserve en de installatie van automatisch werkende omschakelinrichtingen kunnen worden beschouwd als de premie, die betaald moet worden om de bedrijfszekerheid van de verkeersafwikkeling te vergroten. Verdere uitwerking van deze gedachte zou buiten het kader van deze voordracht voeren, zodat volstaan moet worden met het aanduiden van het principe.

8. Slotbeschouwing

In het vorenstaande is een globaal overzicht gegeven van de ontwikkeling van het Nederlandse transmissienet in het verleden en het heden, terwijl mede een beeld voor de toekomst is geschetst. De evolutie van de draaggolftransmissie over symmetrische kabels, die zich in een lange reeks van jaren heeft voltrokken, heeft in Nederland een situatie geschapen die uniek mag worden genoemd.

Tevens werd een indruk gegeven van de vele en uiteenlopende vraagstukken, die zich bij de planning van het telecommunicatienet voordoen en die grondig moeten worden bestudeerd alvorens beslissingen genomen kunnen worden, beslissingen welke veelal de bedrijfsvoering voor een aanzienlijk aantal jaren bepalen.

Over het Technisch Wetenschappelijk Onderwijs

Prof. dr. ir. A. A. Th. M. van Trier, Rector Magnificus T.H. Eindhoven [1])

Bij Koninklijk Besluit van 1 maart 1968 nr. 10, is met ingang van 1 september 1968 benoemd tot Rector Magnificus van de Technische Hogeschool Eindhoven: prof. dr. ir. A. A. Th. M. van Trier, gewoon hoogleraar in de theoretische elektrotechniek.

Zoals bekend, heeft prof. dr. K. Posthumus, de huidige Rector Magnificus, n.a.v. zijn benoeming tot regeringscommissaris voor het wetenschappelijk onderwijs, eind vorig jaar besloten om het rectoraat per 1 september 1968 neer te leggen.

Prof. dr. ir. A. A. Th. M. van Trier werd op 1 juni 1957 benoemd tot gewoon hoogleraar in de theoretische elektrotechniek aan de T.H. Eindhoven. Prof. van Trier was secretaris van de Afdeling der Elektrotechniek aldaar van juli 1959 tot mei 1961, conrector-secretaris van de Senaat van mei 1961 tot september 1962 en voorzitter-beheerder van de Afdeling der Elektrotechniek van 1963 tot heden.

Prof. van Trier is o.m. lid van de Raad van Bestuur van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, van het Bestuur van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap, van het Bestuur van het Departement Oost-Brabant van de Maatschappij voor Nijverheid en Handel en van het Bestuur van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg. Voorts is hij voorzitter van de NUFFIC-commissie voor de examens Master of Electronic Engineering en was hij lid van de NUFFIC-werkgroep voor onderwijsbijstand aan de Universiteit van Nigeria in Nsukka.

Wisselwerking
Inaugurele rede prof. dr. G. Klein

In zijn – op 6 maart 1968 aan de T.H. Delft gehouden – inaugurele rede gaf prof. Klein in het eerste gedeelte van zijn oratie een overzicht van de snelle groei van de gehele elektronica en in het bijzonder van de elektronische instrumentatie. Elektronische instrumentatie is het specialisme dat zich bezighoudt met het ontwerpen van de meetapparatuur voor de niet-elektronici zoals medici, fysici enz., en de algemenere meetapparaten voor de vakgenoten werkzaam aan de elektronische systemen zoals radio, televisie, rekenmachines enz.

Uit een aantal voorbeelden bleek dat de nauwkeurigheidsaspecten die vroeger alleen in de elektronische instrumentatie een belangrijke rol speelden, nu de toepasbaarheid van de nieuwe technologieën in de gehele elektronica zullen gaan bepalen.

Prof. Klein gaf vervolgens enkele voorbeelden van de methoden en principes uit de instrumentele elektronica en hieruit bleek dat de kwalitatieve vooruitgang in een zeer hoog tempo plaatsvindt. Dit wordt verklaard door het feit dat in dit vak de normen waaraan een verbetering heeft te voldoen duidelijk en bekend zijn, zodat iedereen tevens weet waaraan zijn produkt heeft te voldoen. Deze duidelijkheid en meetbaarheid van de normen heeft ook zijn invloed op het werkklimaat. Er zijn geen generatieverschillen, geen 'scholen', en er is geen gezichtsverlies indien het eigen werk wordt verbeterd door dat van een ander.

In het tweede gedeelte van zijn oratie ging de hoogleraar in op de wisselwerking tussen maatschappij en vak. Hij stelde dat de zeer grote groei van mogelijkheden die een vak als de elektronica biedt alleen gunstig zal uitwerken indien de gemeenschap duidelijk en tijdig de doeleinden van de maatschappij aangeeft, waarop de vakactiviteiten zich kunnen richten.

[1]) Zie ook *De Ingenieur* 1968 nr. 15, Algemeen Gedeelte onder 'Personalia'. Vermelding te dezer plaatse geschiedt t.b.v. de NERG-leden die *De Ingenieur* niet ontvangen.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 6108, Den Haag.
Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Den Haag.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden:
Ir. O. B. P. Rikkert de Koe, Hertogenlaan 18, Geldrop.
P. Vijzelaar, J. A. Kalfflaan 20, Hilversum.

Nieuwe adressen van leden:
E. van Eldik, Hilvertsweg 254, Hilversum.
Prof. ir. L. H. M. Huydts, Landréstraat 909, Den Haag.
Ir. M. Kunst, Gemeenlandslaan 35, Huizen (N.H.).
Ir. J. Smith, Jisperveldstraat 420, Amsterdam (N.).
M. A. Vellekoop, Gravin Marialaan 12, Leidschendam.
Ir. J. C. Vermeulen, 1370 Knox Drive, Boulder, Colorado 80302, U.S.A.